

## 1. POTENCIA EN CORRIENTE ALTERNA.

### 1.1 Potencia en régimen permanente senoidal.

En corriente alterna, los valores de la tensión y de la intensidad de corriente varían continuamente, por lo que también serán diferentes los productos de los valores instantáneos. Por consiguiente, para determinar la potencia eléctrica de una corriente alterna, será preciso calcular las potencias instantáneas correspondientes a todos los instantes de un ciclo y dividirla suma de todos los instantes de un ciclo y dividir la suma de todos estos valores por el tiempo de duración del periodo, obteniéndose así la potencia media del ciclo.

En general, V e I están desfasadas un ángulo  $\beta$ ; esto es:

$$V = V_m \cdot \text{sen} Wt \quad I = I_m \cdot \text{sen}(Wt - \varphi)$$

Si se efectúa el producto de V por I, y después se calcula la media durante un intervalo de tiempo igual a un periodo, se obtiene:

$$P = \frac{V_m \cdot I_m}{2} \cdot \cos \varphi$$

o sea,

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Por tanto, refiriendo en origen de tiempos a la onda de tensión, podemos escribir en régimen permanente:

$$u = \sqrt{2} \cdot U \cdot \text{sen}(Wt + \varphi) \quad i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \text{sen} Wt$$

La potencia instantánea en cualquier instante esta dada por:

$$p = u \cdot i = 2 \cdot U \cdot I \cdot \text{sen} Wt \cdot \text{sen}(Wt + \varphi)$$

### 1.2 Potencia activa.

Se define la potencia activa como el valor medio de la potencia instantánea. La potencia activa se representa por P y vale según la definición dada:

$$P = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T P dt$$

de donde se deduce que la potencia activa es:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

#### 1.2.1 Potencia en una resistencia pura.

Una resistencia sometida a una tensión senoidal  $u = U \cdot \sqrt{2}$  consume una potencia que valdrá:

$$P = u \cdot i = \frac{U^2}{r} \cdot (1 - \cos 2Wt) = I^2 \cdot R \cdot (1 - \cos 2Wt)$$

En un receptor puramente resistivo, la potencia instantánea no se hacen ningún momento negativa, es decir, que en todo momento excepto en los ceros, el receptor absorbe potencia y nunca la genera.

#### 1.2.2 Potencia en una autoinducción.

Si aplicamos el concepto de potencia la expresión sería:

$$P = \frac{U^2}{L \cdot W} \cdot (1 - \cos 2Wt) = I^2 \cdot R \cdot (1 - \cos 2Wt)$$

La potencia instantánea tiene un valor medio nulo y oscila entre  $\pm U \cdot I$  con una frecuencia doble que la tensión e intensidad.

Durante su semiperiodo positivo, la autoinducción está absorbiendo energía eléctrica de la fuente de tensión y la está almacenando en forma de energía magnética. En el siguiente semiperiodo sucede justamente lo contrario: la autoinducción cede la energía que había almacenado al circuito, la potencia es negativa en ese intervalo.

### 1.2.3 Potencia en un condensador.

La potencia instantánea vale:

$$P = U^2 \cdot C \cdot W \cdot \sin Wt = \frac{I^2}{C \cdot W} \cdot \sin 2Wt$$

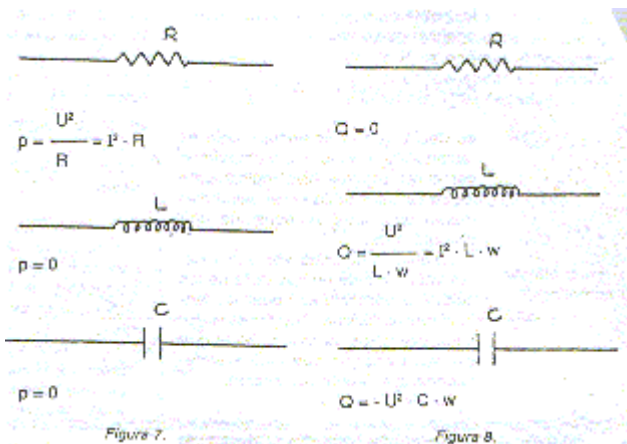
Podemos comprobar que el resultado es muy similar al caso de la autoinducción.

- Valor medio nulo; no hay, pues, aporte neto de energía de la fuente al condensador ni viceversa.
- Durante un semiperiodo de P, la energía eléctrica que le llega al condensador queda almacenada por éste en forma de energía almacenada por el condensador es devuelta a la fuente; P es negativa.
- Durante el siguiente semiperiodo de P, la energía almacenada por el condensador es devuelta a la fuente; P es negativa.

### 1.2.4 Potencia en un receptor compuesto.

Nos volvemos a encontrar con lo mismo :

- $P_1$  representa la potencia consumida en la resistencia; no tiene valores negativos y será la responsable de la aportación neta de la energía de la fuente al circuito.



- $P_2$  no tiene valor medio; nos representa el flujo y reflujo de energía que tiene lugar entre la fuente y las reactancias.

$$P_2 = -I^2 + (XL - XC) \cdot \sin 2Wt$$

Mientras la reactancia inducida almacena energía, la reactancia capacitiva la está cediendo y viceversa según puede verse del signo opuesto que tienen XL y XC. La potencia activa se mide en volta-amperios (va).

### 1.3 Potencia reactiva.

Se llama potencia reactiva al valor máximo de la expresión siguiente y se representa por Q:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Esta potencia reactiva no representa una aportación neta de energía, sino que representa el flujo y reflujo de energía. La potencia reactiva es, pues, el pico de la potencia instantánea que va y viene entre la fuente de tensión y las reactancias. La potencia reactiva se mide en voltamperios reactivo, su representación es el VAR.

### 1.4 Potencia aparente.

Se denomina potencia aparente al producto de los valores eficaces de la tensión y de la intensidad.

$$S = U \cdot I$$

En un sistema eléctrico existen dos limitaciones que deben ser respetadas:

- Aplicarle una tensión igual o inferior a la prevista para su funcionamiento. Si la tensión aplicada fuese mayor, el campo eléctrico en el aislamiento del sistema (un motor, una lámpara, un condensador, etc) podría superar la rigidez del mismo con la consiguiente perforación del mismo, cortocircuito y posible destrucción.

- Hace pasar por el sistema una intensidad que no supere la prevista. Una intensidad mayor producirá un calentamiento superior al normal y si el sistema funciona durante un tiempo largo, la temperatura del mismo subirá hasta afectar y dañar al aislamiento que perdería sus propiedades. Las consecuencias serían las del proceso anterior.

La potencia aparente se mide en VA (voltiamperios). Las relaciones entre las potencias activa, reactiva y aparente de acuerdo con sus definiciones son:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi; \quad Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi; \quad S = U \cdot I$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = S \cdot \cos \varphi; \quad Q = S \cdot \sin \varphi$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

### 1.5 Triángulo de potencias.

#### 1.5.1 Triángulo de tensiones.

Supongamos que tenemos un circuito con una resistencia y una autoinducción. Tendremos una caída de tensión, por lo tanto óhmica, y otra inductiva.

En todo momento la tensión, instantánea de la red, a la que está conectada la bobina y la resistencia, debe ser igual a la suma de los valores instantáneos de las dos caídas de tensión:

$$U = e_R + e_X$$

Como no es posible efectuar la suma aritmética de las caídas de tensión para cada uno de los infinitos instantes que forman un ciclo, sumaremos los valores eficaces correspondientes para obtener el valor eficaz de la tensión de la red.

El triángulo ABC, formado por los vectores que representan las caídas de la tensión óhmica e inductiva y la tensión de la red, recibe el nombre de triángulo de tensiones. El ángulo  $\beta$  señala el desfase existente entre la corriente  $I$  que recorre el circuito y la tensión  $V$  de la red de alimentación.

$$E_R = U \cdot \cos \varphi; \quad E_X = U \cdot \sin \varphi; \quad \tan \varphi = E_X / E_R$$

$$U = \sqrt{E_R^2 + E_X^2}$$

#### 1.5.2 Triángulo de potencias.

Sea el triángulo A'B'C', con el cual la hipotenusa A'C' representa el valor de la potencia aparente, ya que se tiene:

$$A'C' = U \cdot I = S$$

El cateto horizontal A'B' representa la potencia activa, se tiene:

$$A'B' = S \cdot \cos \varphi = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Finalmente, por similitud con los otros dos lados del triángulo se admite que el cateto vertical B'C' representa la potencia reactiva:

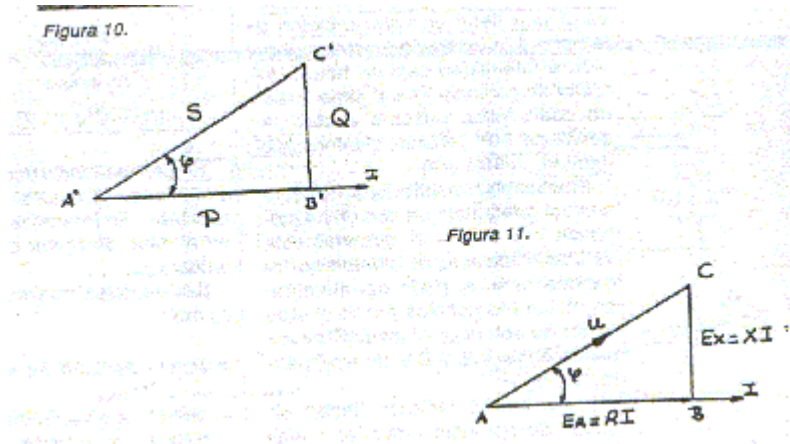
$$B'C' = U \cdot I \cdot \sin \varphi = Q$$

El ángulo  $\beta$  lo podremos expresar en la siguiente fórmula:

$$\operatorname{tg} = Q/P$$

Por otra parte, de acuerdo con el teorema de Pitágoras, podemos establecer una expresión que ligue las tres potencias:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$



## 2. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

### 2.1 Inconvenientes de un factor de potencia bajo.

Desde el punto de vista de la compañía suministradora de energía eléctrica, los consumos de factor de potencia distintos de la unidad son indeseables.

El consumo queda definido por su tensión  $U$  y por la potencia activa. Suponemos que la línea tiene una impedancia  $Z_L$ .

En el caso del factor de potencia la unidad,  $I = P/U$ ;  $U_R = U + I \cdot Z_L$

En el caso de factor de potencia menor que 1,  $I' = \frac{P/\cos \varphi}{U} > 1$ ;  $U_R' = U + I' \cdot Z_L > U_R$

En consecuencia vemos que, para suministrar la energía a un receptor, la intensidad es mínima en el caso de factor de potencia la unidad. Las ventajas que se derivan son obvias:

- Menor sección de los conductores.
- Menor calentamiento en los mismos y, por lo tanto, mayor rendimiento en la línea.

Según estas consideraciones las compañías eléctricas tratan de forzar a los consumidores el que sus factores de potencia sean lo más próximos posibles a la unidad a través de recargos aplicados a las tarifas.

## **2.2 Métodos de mejora del factor de potencia.**

En sistemas monofásicos, de baja tensión la mejora del factor de potencia se hace exclusivamente mediante condensadores colocados en paralelo con el consumo. El cálculo de la capacidad necesaria depende lógicamente del factor de potencia original y del que se pretenda lograr.

Estos condensadores se presentan con dos valores nominales: tensión y potencia reactiva que generan dicha tensión. Lo más aconsejable será colocar los condensadores justo al lado de cada elemento de consumo para que tenga un factor de potencia bajo. Sin embargo, en muchas ocasiones es aconsejable centralizar total o parcialmente la compensación de potencia reactiva.

Como regla general se puede decir que la compensación de potencia reactiva mejora la parte del sistema que queda del condensador hasta el suministrador; por el contrario, la parte del sistema del condensador hacia el consumo permanece invariable.